

Instituto Politécnico de Lisboa (IPL)  
Instituto Superior de Engenharia de Lisboa (ISEL)  
Departamento de Engenharia da  
Eletrónica e Telecomunicações e de Computadores (DEETC)  
LEETC, LEIC, LEIM, LEIRT, MEIC

## Redes de Internet (RI) – Trabalho nº 1 (VLAN/STP/RIP)

Inverno de 2023/2024 - Data limite de entrega: [Ver Moodle](#)

Este trabalho tem como objetivo o aprofundamento dos conhecimentos sobre as VLAN, protocolos STP e RSTP, encaminhamento estático e RIP.

**O trabalho prático é de execução por grupos de até 3 alunos, podendo existir avaliação do grupo e/ou individual sobre a realização do mesmo e o tema que envolve. O docente decidirá conforme os relatórios entregues e as notas individuais se fará, e com que grupos fará, a discussão final dos trabalhos.**

Este trabalho, tal como os seguintes, é considerado pedagogicamente fundamental (“[NORMAS DE AVALIAÇÃO DE CONHECIMENTOS](#)”, Conselho Pedagógico do ISEL, ponto 2.3.1).

É assumido que os alunos sabem utilizar convenientemente os comandos de configuração dos equipamentos, incluindo os de *show* e *debug*, para validar o seu trabalho e resolver os desafios que lhes vão sendo apresentados.

**O simulador de redes aconselhado para ser utilizado neste trabalho é o Packet Tracer.**

O relatório deve incluir uma capa com a identificação, para além do número do grupo, os dos alunos, os respetivos nomes e o curso. Deve incluir, em anexo os ficheiros de configuração nas várias fases do trabalho, e a justificação das escolhas efetuadas. No ato da entrega do relatório, **não esquecer** que deverá também ser fornecido o(s) ficheiro(s) **.pkt**.

Para minimizar o tempo necessário à realização do trabalho junto com este enunciado é disponibilizada a topologia utilizada para o Packet Tracer. Se utilizar a topologia fornecida e no enunciado aparecer “adicione” deve assumir como “ative”.

**Nota: Ler TODO o enunciado antes de começar a configurar os equipamentos!**

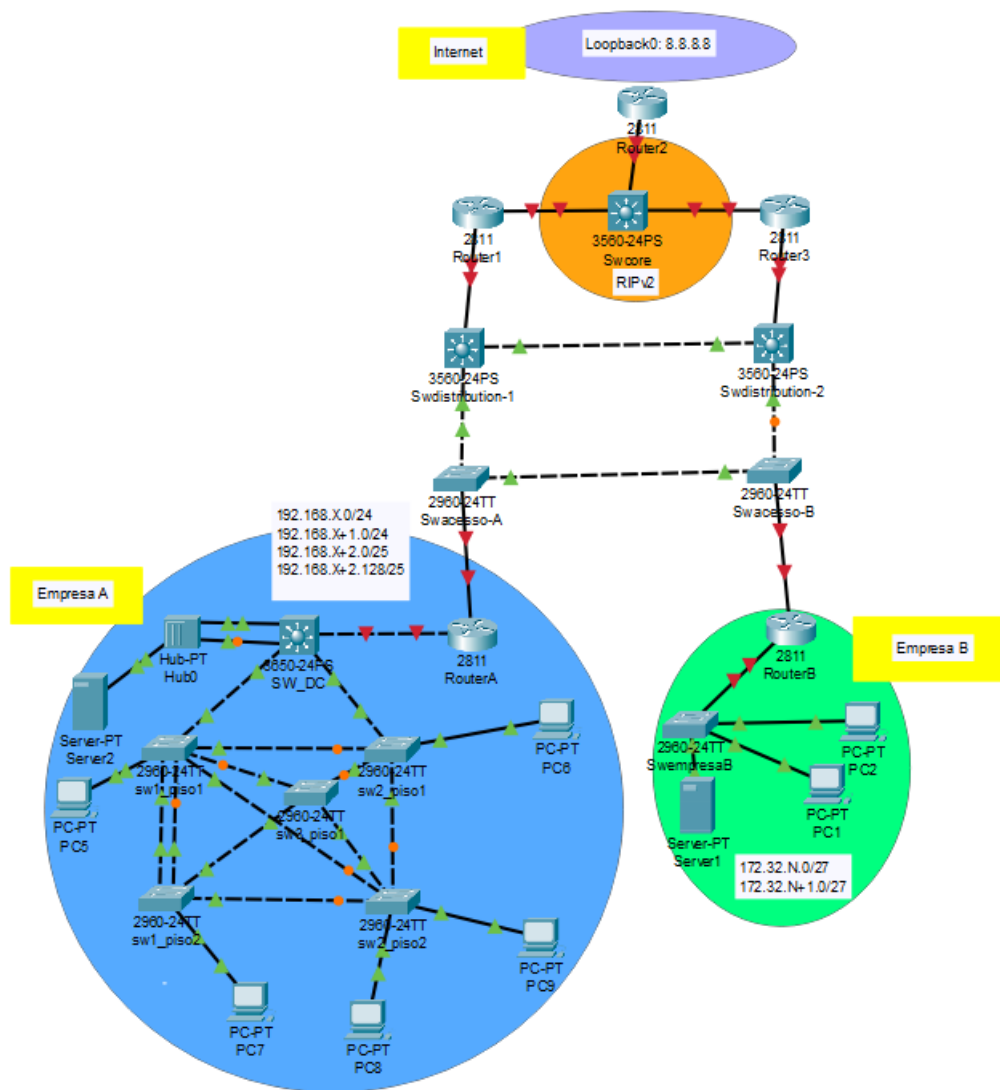
## Introdução

Este trabalho tem como objetivo familiarizar os alunos com a temática das VLAN, com o protocolo de proteção contra *loops* na camada 2 (STP), encaminhamento estático e com o protocolo de encaminhamento dinâmico RIP.

O relatório deve incluir as respostas às perguntas efetuadas e os exemplos de configuração necessários para se entender a abordagem efetuada na resolução dos diversos passos a implementar. As configurações completas deverão ser apresentadas no relatório.

## Objetivo

Pretende-se que os alunos criem a topologia indicada na figura, passo a passo, aumentando progressivamente a complexidade.



**Nota:** O estado dos *links* na figura são apenas um exemplo. Os da sua implementação poderão ser diferentes dependendo da configuração efetuada e das características dos equipamentos envolvidos.

Numa primeira fase os alunos devem implementar a topologia da Empresa A. Nesta os alunos consolidam os conhecimentos adquiridos em RCp e a matéria sobre redundância a nível 2 do modelo OSI (STP/RSTP), sobre as VLAN e sobre RIP.

Numa segunda fase pretende-se que os alunos expandam a topologia, passo a passo, aumentando progressivamente a complexidade até terem implementado na sua totalidade a topologia da figura.

A topologia representa uma infraestrutura muito simplificada de um *Internet Service Provider* (ISP) que fornece conectividade/trânsito a duas empresas. Este ISP coloca equipamentos nas instalações de cada empresa que servem como um *Network Demarcation Device* (NDD).

Apesar de no exemplo acima o ISP apenas possuir dois clientes (empresas), numa situação real poderia possuir centenas ou milhares.

O ISP atribuiu blocos de endereços IP distintos a cada empresa para uso interno destas. As empresas possuem vários departamentos e, como tal, necessitam de possuir a sua rede segmentada em várias sub-redes, sendo o *gateway* de cada sub-rede sempre o *router* de cada empresa (Routers A e B). O ISP utiliza ainda duas redes /30 (P2P em *layer3*) de interligação entre os seus *routers* (Routers 1 e 3) e os de cada empresa.

Cada empresa possui uma rota estática *default* a apontar para o *router* do ISP. Este por sua vez, anuncia através de rotas estáticas as redes que atribuiu às empresas.

É utilizado o protocolo RIPv2 no *core* do ISP para os seus *routers* trocarem informações de rotas. O R2 do ISP possui uma ligação à Internet que é simulada como uma interface virtual (Loopback0). Nota: Num ISP real não seria usado RIP, mas aqui é apenas usado para se praticar o protocolo em questão.

Pretende-se que com a topologia indicada se consiga implementar a maior redundância possível sem comprometer a eficiência ou necessitar de novos equipamentos.

## Tarefas

- 1) Implementar a rede correspondente à Empresa A e responder às questões apresentadas (não se esqueça de justificar as suas respostas):
  - a) Use o comando: "*no ip domain-lookup*". Qual o objetivo deste comando?
  - b) Quais as VLAN por omissão que existem [*sh vlan*] antes de ser configurada qualquer VLAN em qualquer equipamento?
  - c) Qual a *tag* que as tramas pertencentes à VLAN 1 transportam?
  - d) Quais as consequências de passarmos os *timers* "Max Age"=20 sec e "Forward Delay"= 15 sec para metade desses valores? Qual é a *Root Bridge* (RB)? Justifique.
  - f) Por omissão qual é o tipo de Spanning-Tree (STP) ativo [*sh span*]?
  - g) Quantas árvores (*spanning trees*) existem na topologia implementada?
  - h) Para a empresa A, construa a tabela para cálculo do custo dos caminhos e de determinação de quais são as portas Root, Designated e Blocking (ou equivalentes em RSTP) e calcule os respetivos valores. Os resultados a que chegou são coerentes com os que o simulador apresenta?
  - i) Qual o custo do caminho mais curto até ao Router A desde o PC7?
  - j) Force a *root bridge* para ser o SW\_DC através da prioridade. Possui alguma porta bloqueada?
  - k) Na literatura sobre *spanning tree* encontra-se frequentemente a afirmação de que todas as portas de um *root switch/bridge* são portas Designated. Comente tendo em consideração o SW\_DC.
  - l) Ative o modo *Per-Vlan Rapid Spanning Tree*. Verifique se é necessário ativá-lo em todos os *switches*?
  - m) Quantas árvores passaram a existir?
  - n) Existem duas ligações entre o sw1\_piso1 e o sw1\_piso2, uma delas bloqueada. Altere a configuração de maneira a desbloquear a ligação bloqueada e a desbloquear a outra. [Opcional] Indique qual a forma de proceder de maneira que as duas ligações pudessem ser usadas em simultâneo.
  - o) Explique de forma detalhada a razão do sw2\_piso2 escolher o caminho por omissão em detrimento de outro possível. Realize as alterações que considerar necessárias para que o caminho preferido seja outro que não o escolhido (por omissão).

p) Considere a seguinte afirmação: “Com o SW\_DC como *root bridge*, a substituição do Hub0 por um *switch*, interligado entre o sw1\_piso1 e o SW\_DC, iria melhorar a conectividade entre o PC5 e o Server2 pois o caminho ficava mais curto.”. Indique, justificando, se a mesma é falsa ou verdadeira atendendo a que todas as ligações ao *switch* novo funcionam a 100 Mbps.

2) Segmente a topologia da Empresa A utilizando VLAN para ficar de acordo com as regras abaixo (poderá criar outras VLAN se necessário). Como resultado pretende-se a implementação no simulador da topologia indicada e o resultado dos testes indicados na última alínea que comprovem que a topologia está implementada como indicado nos passos (alíneas) seguintes:

Nº Vlan	Nome	IP do Gateway	Rede	PCs
<b>N_Grupo*10</b>	Contabilidade	<i>último útil</i>	192.168.X.0/24	PC7,PC9
<b>N_Grupo*10+1)</b>	Secretariado	<i>último útil</i>	192.168.X+1.0/24	PC5,PC8
<b>N_Grupo*10+2)</b>	Informática	<i>último útil</i>	192.168.X+2.0/25	Server2
<b>N_Grupo*10+3)</b>	Gestão da rede	<i>último útil</i>	192.168. X+2.128/25	PC6

- Implemente as VLAN de acordo com a tabela.
- Configure as portas em modo *access* ou *trunk* dependendo das necessidades. Desligue o protocolo *Dynamic Trunking Protocol* (DTP) em cada interface que configurar como *access* ou *trunk*.
- Configure o endereçamento IP de todos os PC tendo em consideração indicado na tabela.
- Verifique se existe conectividade entre os equipamentos em cada uma das VLAN.
- Verifique se existe conectividade entre os equipamentos de VLAN distintas.

Na tabela “**N\_Grupo**” representa o número do seu grupo e o **X** é obtido segundo a seguinte formula:

$$x = \left( \sum_{k=1}^n \text{numeroaluno}_k \right) \bmod 254$$

Nota: *n* é o número de alunos no grupo em causa. O módulo 254 usado na fórmula de cálculo tem a ver com o facto dessa parte do endereço IPv4 onde é usado o **X** dever estar contida entre 0 e 255.

3) Adicione o RouterA à topologia, ligado ao SW\_DC apenas. Configure o RouterA e SW\_DC, segundo uma topologia *router-on-a-stick*, e de acordo com as indicações que se seguem de maneira a estes ficarem com as configurações de acordo com as *best practices*. Procure implementar, ao configurar as VLAN e o encaminhamento nos *routers*, as seguintes regras (sem recorrer a listas de acesso (ACL)):

- Da rede da Contabilidade não se deve poder comunicar com nenhuma outra rede/VLAN interna ou externa;
- Da rede do Secretariado deve-se poder comunicar apenas com a VLAN da Informática (Sugestão: Se no exterior esta rede não for “conhecida”, os outros *routers* não enviarão tráfego para ela através do *router* A);
- Da rede da Informática deve ser possível comunicar com a VLAN do secretariado e para fora da Empresa A;
- Os equipamentos na VLAN Gestão da rede da empresa A devem poder comunicar todos entre si (Nota: Todos os equipamentos de suporte da rede da empresa devem poder ser acedidos a partir do PC6 de maneira a poder ser realizada gestão remota).

**Nota:** No futuro, quando evoluir na matéria desta UCs, utilizando listas de acesso (ACL) irá constatar que podem ser implementadas com facilidade outras alternativas à limitação da comunicação (filtros) entre

equipamentos em redes distintas, mas isso não é requerido neste trabalho dado que essa matéria é aprofundada apenas mais à frente.

- a) Configurar e ativar as *interfaces* utilizadas de acordo com a regras enunciadas e as VLAN criadas (tenha em atenção que no uso de *subinterfaces*, neste caso a correspondente interface física não possui configuração de IP). Exemplos:

```
RouterN(config)# interface Fa0/1
RouterN(config-if)# description [Fa0/1] Link to SWY G1/0/5
RouterN(config-if)# no shutdown
RouterN (config-if)#exit
RouterN(config)# interface Fa0/1.10
RouterN(config-subif)# description [Fa0/1] Link to SWY G1/0/5 na VLAN 10
RouterN (config-subif)#encapsulation dot1Q 10
RouterN (config-subif)#ip address xxx.yyy.zzz.www mmm.mmm.mmm.mmm
RouterN(config-subif)# interface Fa0/1.20
RouterN(config-subif)# description [Fa0/1] Link to SWY G1/0/5 na VLAN 20
RouterN (config-subif)#encapsulation dot1Q 20
RouterN (config-subif)#ip address xxx.yyy.kkk.www mmm.mmm.mmm.mmm
RouterN (config-subif)#exit
```

Nota: Deve saber para que servem todos os comandos que utilizar.

- b) Atribuir o nome aos *routers/switches* com o comando `hostname`:

```
Router(config)# hostname RouterN
RouterN(config)#
```

- c) Configure uma mensagem inicial para quem entra no equipamento:

```
RouterN (config)# banner login ^C
---                               Router N                               ---
--- -----
--- UNAUTHORISED ACCESS IS PROHIBITED                                ---
--- Entradas nao autorizadas sao punidas por lei                      ---
--- (lei 109/2009 de 15 de Setembro)                                ---
^C
```

- d) Salve as configurações no *router* não se esquecendo da primeira vez de verificar se ficou mesmo salvo, se funcionou:

```
RouterN# copy running-config startup-config ou apenas RouterN# write
```

- e) Verifique se a conetividade entre os PC de diferentes VLAN está de acordo com as regras anteriormente indicadas. Pode utilizar o *Ping*. Caso tenha problemas, faça o *troubleshooting* para verificar se o problema está na *vlan/rede* (possível causa nos *switches/vlan* não criadas/passadas; portas em *access/trunks* ou a própria configuração dos PC/endereço/máscara do PC/GW)) execute um *ping* ao seu GW ou utilize um *traceroute* para verificar em que “hop” está o problema. Se estiver a tentar “pingar” o PC7 do PC5 e se cada PC possuir conetividade com o seu GW, então o problema estará no *router*. Pode usar comandos como:

```
show arp : Shows the Address Resolution Protocol
show mac-address-table : Shows the MAC Address Table
traceroute <ip address> : Execute a traceroute to a destination
ip show interface <interface> <number> : Interface status and
configuration
show ip interface brief : Brief summary of IP interface
status and configuration
```

- 4) Implemente a topologia da Empresa B, sabendo que o ISP forneceu a esta duas redes blocos de endereços IPv4 /24, mas que para efeitos de racionamento de endereçamento a Empresa B utiliza apenas a primeira /27 de cada bloco, onde N representa o número do grupo.

Nº Vlan	Nome	IP do Gateway	Rede	PCs
20	Servidores	172.32.N.30	172.32.N.0/27	Server1
40	Engenharia	172.32.N+1.30	172.32.N+1.0/27	PC1, PC2

5) Implemente a topologia do ISP de interligação com os clientes:

- a) O ISP utiliza duas redes /30 (P2P em *layer3*) de interligação entre os seus *routers* e o de cada empresa. As redes e respectivas VLAN são:
- i) Vlan 90 (EmpresaA) -> 10.20.N.0/30
  - ii) Vlan 95 (EmpresaB) -> 10.20.N.4/30

Contrua os caminhos das VLAN na malha de *switches* (configurando as interfaces em *trunk* ou *access* quando necessário), sabendo que para efeitos de redundância de camada 2, o ISP construiu um circuito entre as duas empresas, logo este é para ser usado caso necessário. No caso de falha de um equipamento deve ser possível manter o serviço mesmo que haja troços que fiquem com tráfego maior. **No endereço IP, “N” corresponde ao número do grupo.**

- b) Atribua o endereçamento IP ao Router1, Router3, RouterA e RouterB, sabendo que os *routers* do lado do ISP possuem sempre os primeiros endereços IP disponíveis na respetiva rede. Teste a conectividade ponto a ponto (R1->RA e R3->RB).

c) Configure no ISP:

- i) O modo de STP é o *Per-Vlan spanning tree*.
- ii) O Swdistribution-1 é a Root Bridge (RB) *primary* da *vlan* 90 e RB *secondary* da *vlan* 95.
- iii) O Swdistribution-2 é a RB *primary* da *vlan* 95 e *secondary* da *vlan* 90.
- iv) Faça “prune” nos *trunks* da topologia de *switching* do ISP para que apenas passem nos *trunks* as VLAN necessárias/utilizadas. Qual a vantagem/objetivo?
- v) Verifique quantas árvores de STP estão presentes?
- vi) Indique as portas bloqueadas da *vlan* 90 e 95. Justifique o bloqueio nestas portas.

6) Configurar o *routing* estático. No final deste ponto, os PC com comunicação para o exterior da EmpresaA devem conseguir “pingar” o Router1 e os PC da EmpresaB devem conseguir “pingar” o Router3.

- a) Configure nos *routers* das empresas as rotas estáticas *default*. Qual o “next-hop” destas rotas? Qual o objetivo?
- b) Neste momento os PC das empresas já conseguem pingar o seu respetivo *router* do ISP? Justifique.
- c) Configure as rotas estáticas que entender necessárias no R1 e R3 para que exista conectividade entre estes e as redes atribuídas a cada empresa. Qual o objetivo desta configuração?

7) Implementação do RIPv2 e conectividade global à Internet: No final deste ponto deve existir conectividade entre os PC das empresas e a Internet.

- a) Adicione os equipamentos SWcore e Router2 à topologia e as respetivas ligações como indica a figura.
- b) Foi atribuída a rede 10.0.0.0/26 ao *core* do ISP. Configure as *interfaces* de cada *router*.
- c) É necessário efetuar alguma configuração do SWcore? Porquê?
- d) Configure o RIP no *core* do ISP com os seguintes objetivos:
  - i) Pretende-se que seja *classless* e que utilize a versão 2 do RIP.
  - ii) Que forme vizinhos apenas nas *interfaces* viradas para o *core*.

- iii) Necessita de colocar o R1 e R3 a anunciar para os seus vizinhos que participam no RIP as rotas estáticas que possuam.
- iv) O R2 propaga automaticamente a rota por omissão (*default*) através do RIP para o R1 e R3?
- v) Configure a *interface* loopback0 no R2 com o ip 8.8.8.8/32, simulando desta forma a Internet.
- vi) É necessário colocar a rede 8.8.8.8/32 no RIP? Porquê?
- vii) O trabalho está completo quando existir a conectividade global prevista no enunciado com a redundância possível com os equipamentos utilizados.

8) Altere a configuração física e lógica da topologia de maneira a:

- a) Altere a configuração dos SwacessoA e B de maneira a que esta ligação apenas ser utilizada se alguma das ligações para os Swdistribution falhar.
- b) Crie uma ligação direta entre as duas empresas com máximo débito possível. Nessa ligação deve passar apenas tráfego entre as empresas, não deve passar outro tráfego como, por exemplo, o destinado à Internet. Seria o caso, por exemplo, das duas empresas pretenderem trocar grandes quantidades de tráfego entre elas sem ter de pagar ao seu ISP por passarem por ele esse tráfego.

## Bibliografia

- Documentos de apoio da UC e material fornecido pelo seu docente
- VLAN Configuration Guide, Cisco IOS Release 15.2:  
([https://www.cisco.com/c/en/us/td/docs/switches/lan/catalyst2960x/software/15-2-2e/vlan/configuration\\_guide/b\\_vlan\\_1522e\\_2960x\\_cg.html](https://www.cisco.com/c/en/us/td/docs/switches/lan/catalyst2960x/software/15-2-2e/vlan/configuration_guide/b_vlan_1522e_2960x_cg.html))
- STP/RSTP , Cisco IOS Release 15.2:  
([https://www.cisco.com/c/en/us/td/docs/switches/lan/catalyst2960/software/release/15-2-2e/configuration/guide/b\\_1522e\\_2960\\_2960c\\_2960s\\_2960sf\\_2960p\\_cg/b\\_1522e\\_2960\\_2960c\\_2960s\\_2960sf\\_2960p\\_cg\\_chapter\\_010000.html](https://www.cisco.com/c/en/us/td/docs/switches/lan/catalyst2960/software/release/15-2-2e/configuration/guide/b_1522e_2960_2960c_2960s_2960sf_2960p_cg/b_1522e_2960_2960c_2960s_2960sf_2960p_cg_chapter_010000.html))
- RIPv2, Cisco IOS 15.2:  
([https://www.cisco.com/c/en/us/td/docs/ios-xml/ios/iproute\\_rip/configuration/15-mt/irr-15-mt-book/irr-cfg-info-prot.html](https://www.cisco.com/c/en/us/td/docs/ios-xml/ios/iproute_rip/configuration/15-mt/irr-15-mt-book/irr-cfg-info-prot.html))
- Access-lists:  
<https://community.cisco.com/t5/networking-knowledge-base/cisco-access-control-lists-acl/ta-p/4182349#:~:text=Cisco%20ACLs%20are%20characterized%20by,are%20deployed%20based%20on%20requirements>